

Der Hochwasserablauf im Zusammenspiel von Haupt- und Nebengewässern

Heinz Engel

Die HW-Neutralität von Baumaßnahmen bedeutet, dass durch diese am Fluss keine Hochwasser verschärfenden Wirkungen auftreten.

Es sind stationäre und instationäre Nachweise erforderlich, die im Einzelnen Auskunft geben über:

- Wasserstandserhöhung vor Ort, stromauf und stromab sowie Abflussänderungen
- Beschleunigung/Verlangsamung der Wellen
- Veränderung der HW-Dauer über Schwellenwerten
- Veränderung der Abflussfülle über Schwellenwerten

Bei den genannten Effekten sind Wellenlaufzeitveränderungen von besonderer Bedeutung, da sie weitere Auswirkungen im Gefolge haben können. Dieser Sachverhalt soll an zwei Beispielen verdeutlicht werden:

1] Durch den Ausbau mit Staustufen und den damit verbundenen Verlust an Retentionsvolumen ist der Wellenablauf im Oberrhein zwischen Basel und Maxau beschleunigt worden. Die Scheitel großer Rheinhochwasser treffen heute rund 36 h früher in Maxau ein, als vor dem Staustufenbau.

2] Der Ausbau der Saar zur Großschifffahrtsstrasse hat (ebenfalls in Folge von Verlusten an Rückhalteraum) zu einer Scheitelbeschleunigung um im Mittel 7 h geführt.

Wellenbeschleunigungen als Primärfolge einer Ausbaumaßnahme führen zu veränderten Überlagerungen mit den Hochwasserwellen aus Nebengewässern.

Da die Rheinwellen vor Ausbau in der Regel später an den Nebenflussmündungen eingetroffen sind als die Wellen der Nebenflüsse, kam es statistisch nicht zu Scheitelüberlagerungen. Besonders deutlich wird dies an beispielhaften Hochwasserganglini

en in Maxau und Worms [Abb. 1]. In Maxau wird die Veränderung durch Ausbau (1955 auf 1977) durch Beschleunigung erkennbar. In Worms waren die Wellen in der Vergangenheit oft zweigipfelig (1. Scheitel Neckar/2. Scheitel Rhein, Abb. 1). Die Beschleunigung hat das Zusammentreffen beider Scheitel begünstigt, wodurch als Sekundärfolge der Wellenlaufzeitverkürzung im südlichen Oberrhein die bekannten statistisch erheblichen Scheitelerhöhungen in Worms entstanden sind.

In der Saar kommt es - wie am Rhein - infolge der Wellenbeschleunigung zu Scheitelerhöhungen bei Saarhochwassern in der Größenordnung von 3 %. Anders jedoch ergibt sich das Zusammenspiel von Saar und Mosel. Für die üblicherweise nach den Saarwellen an der Saarmündung eintreffenden Moselwellen hat sich nach Ausbau der Saar die Zeitdifferenz auf die Moselscheitel durch Beschleunigung der Saar weiter vergrößert. Damit ergeben sich statistisch nunmehr geringere Moselscheitel in Trier, wenn Moselhochwasser (wie 1993 und auch 1995) vor allem durch Sauer und Saar gebildet werden [Abb. 2].

Ganz im Sinne dieser Erkenntnis wäre bei einem (nicht anstehenden) weiteren Oberrheinausbau durch zusätzliche Beschleunigung der Rheinwelle ein Überholen der Neckarwelle zu erwarten und daraus ein Rückgang der Scheitelerhöhungen in Worms. Die genannten Beispiele machen deutlich:

- Primäreffekt eines das Rückhaltepotential eines Gewässers reduzierenden Ausbaus ist die Beschleunigung des Wellenablaufs und zwar um so mehr, je steiler sich der ursprüngliche Wellenanstieg vollzieht.
- Sekundäreffekt dieser Beschleunigung ist eine veränderte Überlagerung von Haupt- und Nebenflussscheiteln mit durchaus unterschiedlichen Ergebnissen. Dieser Effekt kann sowohl wellenerhöhend wie auch -ermäßigend sein.

Vor dem Hintergrund des gegebenen Sachverhaltes und der unablässigen Diskussionen um tatsächliche und vermutete Nachteile aus Flussbaumaßnahmen (in letzter Zeit vor allem auch an der Elbe) scheint es sinnvoll, das bestehende Zusammenspiel der Elbewellen mit denen ihrer Nebenflüsse näher zu untersuchen.

Auf deutschem Gebiet fließen der Elbe 4 Nebengewässer zu, deren Abflüsse die Elbewellen maßgebend beeinflussen können:

- Schwarze Elster und Havel rechtselbisch
- Mulde und Saale linkselbisch.

Dabei sind die Höchstbeiträge im Mittel von Saale und Havel mit je rd. 115 m³/s und im Maximum von Mulde und Saale mit ca. 2000 m³/s bzw. rd. 700 m³/s zu erwarten.

Die zu beantwortende Frage lautet:

Wie groß und wie gerichtet sind die Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der Wellenscheitel von Elbe und Nebenflüssen an den jeweiligen Mündungen der Nebengewässer?

Zur Erzielung ausreichend umfangreicher Datenkollektive wurden Zeitreihen ab 1901 bis 2002 genutzt. Dies bedeutet allerdings die Beschränkung auf wenige Elbepegel mit zum Teil größerem Abstand zu den Nebenflussmündungen und die Verwendung teils wechselnder Nebenflusspegel.

Im ersten Ansatz wurden Hochwasser ermittelt, deren Scheitel in der Elbe deutlich über MHQ (mittlere vieljährige Hochwasserabflüsse) liegen. Die Zuordnung von Elbe- und Nebenflussscheiteln erwies sich als oft schwierig bis nicht möglich. Zum Teil ist dies der Fall, weil einem Elbescheitel mehrere Nebenflussscheitel nahe stehen können oder einzelne Nebengewässer zu den fraglichen Zeiten nicht von Hochwasser betroffen waren. Im Ergebnis konnten nach der ersten Festlegung pro Mündung maximal 23 Zuordnungen ermittelt werden.

Im zweiten Ansatz wurden alle Hochwasserereignisse betrachtet, deren Scheitelabflüsse in der Elbe MHQ knapp erreichten und überschritten. - Hieraus konnten maximal 74 Zuordnungen pro Nebenflussmündung gewonnen werden.

Für die Auswertung der Ergebnisse wurde festgelegt, Zeitdifferenzen dann als positiv zu bezeichnen, wenn die Nebenflusswelle der Elbewelle vorausläuft. Negative Werte bedeuten entsprechend den Nachlauf der Nebenflusswelle gegenüber der Elbewelle.

Die zeitliche Auftragung der Zeitdifferenzen zeigt erwartungsgemäß straffere Abhängigkeiten im Kollektiv der Extremhochwasser im Vergleich zu dem größeren Kollektiv, das auch Hochwasser mit kleineren Scheiteln umfasst (Abb. 3 bis 6). In Tab. 1 sind die mittleren Zeitdifferenzen für die Flussmündungen sowie für jeweils zwei unterschiedlichen Kollektive zusammengestellt und um die Änderungstendenzen innerhalb der 100 Beobachtungsjahre ergänzt.

Zusammenfassend ergibt sich:

- Schwarze Elster und Saale laufen im Mittel der Elbe nur wenige Stunden voraus
- Die Mulde ist durch einen mittleren Verlauf um 3 - 4 Tage von der Elbewelle in der Regel abgekoppelt.
- Die Wellen der Havel laufen in der Regel nach der Elbewelle ab.
- An allen Flussmündungen zeigen sich überwiegend Tendenzen zur Vergrößerung des Vorlaufs bzw. zur Verringerung des Nachlaufs, mit zwei Ausnahmen:
 - Große Hochwasser an der Mulde zeigen stabiles Verhalten (Tendenz 6 0)
 - Die Havel neigt für das große HW-Kollektiv zu einer Vergrößerung des Nachlaufs. Dieses Gewässer zeigt insgesamt ein instabiles Verhalten.

Es stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die beschriebenen Verhältnisse haben, wenn Eingriffe an den beteiligten Gewässern erfolgen.

Prinzipiell sind zwei anthropogene Wirkungen denkbar:

1. Ausbaumaßnahmen an der Elbe oder an Nebenflüssen, die mit Verlusten von Rückhaltevolumen verbunden sind.
2. Realisierung von Rückhaltungsmaßnahmen an der Elbe und an ihren Nebengewässern.

Die Auswirkungen von 1. manifestieren sich in Wellenbeschleunigungen; die Auswirkungen von 2. werden Wellenverlangsamungen bzw. Umverteilungen von Abflüssen (Scheitelkappungen und Erhöhungen der ablaufenden Wellen) bedeuten.

- Beschleunigungen der Elbewellen würden an den Mündungen von Schwarzer Elster, Mulde und Saale die Scheitel von Haupt- und Nebenfluss einander näher bringen und die Tendenz zu höheren Elbescheiteln fördern. An der Havelmündung wäre das Gegenteil zu erwarten, also eine Scheitelreduktion in der Elbe.
- Rückhaltemaßnahmen an der Elbe (Deichrückverlegungen, Polderflutungen) könnten zu Scheitelminderungen in der Elbe mit Retention auf Zeit führen. Dieses hätte uneingeschränkt positive Auswirkungen auf die HW der Elbe. Im Falle ungesteuerter Retention (z.B. durch Deichrückverlegungen) ergäben sich verzögerte Wellenanstiege der Elbewellen. Dies hätte Verbesserungen an Schwarzer Elster, Mulde und Saale zur Folge. Das Zusammentreffen von Elbe- und Havel Scheitel würde begünstigt, was die Wellen erhöhen könnte.
- Vermehrte Rückhaltungen in den Nebengewässern würden entweder das Eintreffen von deren Scheiteln verzögern oder sie deutlich verringern. Da solche Maßnahmen jedoch nicht Wegnahme von Abflussvolumen bedeuten, sondern lediglich dessen zeitliche Umverteilung, werden im Nachlauf erhöhte Abflüsse auftreten, die im Falle von Schwarzer Elster, Mulde und Saale zu Scheitelerhöhungen in der Elbe führen können. Für die Saale sind sie positiv, wegen der weiter entzerrenden Wirkung auf die beteiligten Scheitel.

As Fazit ist festzuhalten: Jedwede abflussbeeinflussende Maßnahme an Gewässern ist im betroffenen Flusssystem auf ihre Auswirkungen zu überprüfen. Vor Ort positive Eingriffe können nach unterstrom auch negativ wirken. Dies bedeutet zwingend, dass alle Maßnahmen immer stationär und instationär zu überprüfen sind.

Tabelle 1: Mittlere Zeitunterschiede (Δt) zwischen dem Eintreffen der HW-Scheitel von Elbe und Nebengewässern an deren Mündungen und Veränderungstendenzen seit 1901

Nebengewässer	nur extreme HW		alle HW \geq MHQ in der Elbe	
	Δt Tage	Tendenz	Δt Tage	Tendenz
Schwarze Elster	0,5	++	0,5	++
Mulde	3	0	4	+
Saale	0,5	+	1	+
Havel	-3	+	-1	-

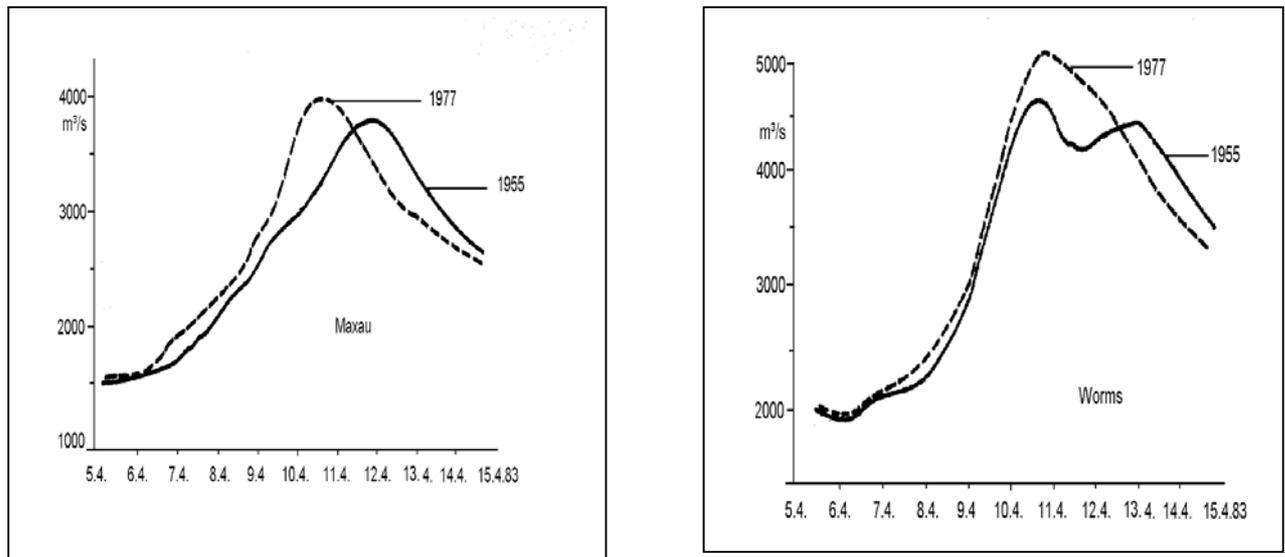


Abb. 1: Wirkung des Staustufenbaus am Oberrhein auf Hochwasser am Beispiel des Ereignisses April 1983

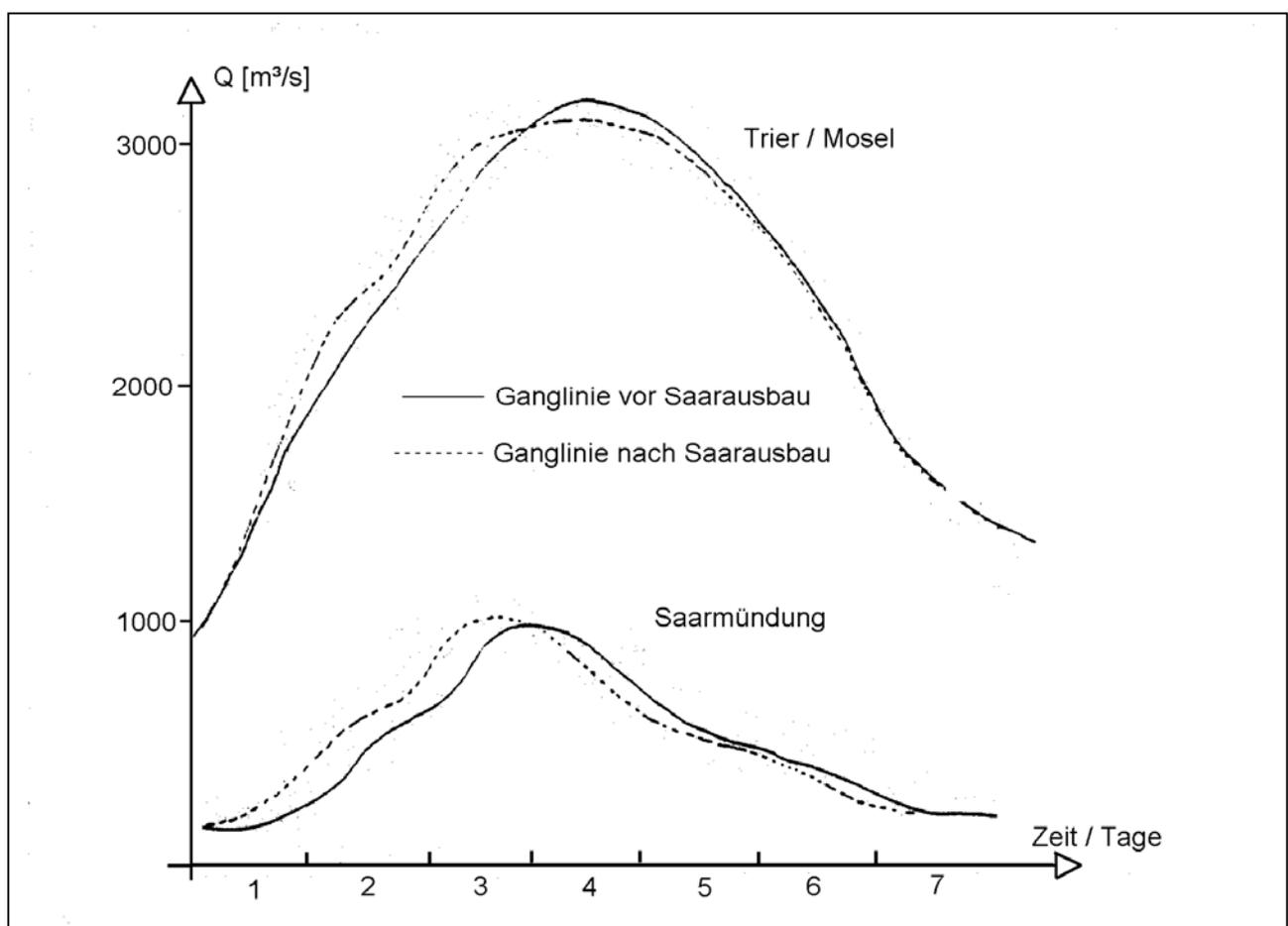


Abb. 2: Wirkung des Ausbaus der Saar zur Großschifffahrtsstraße auf Hochwasser in der Mosel (schematisch)

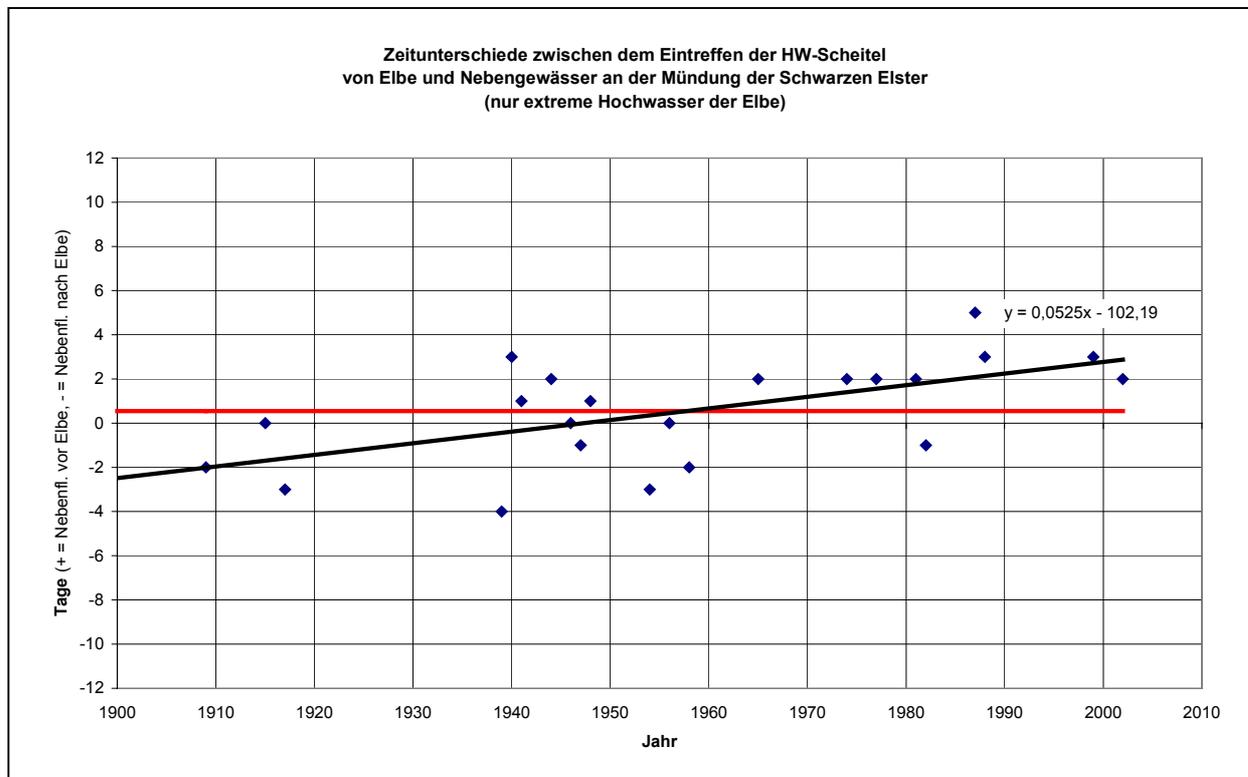
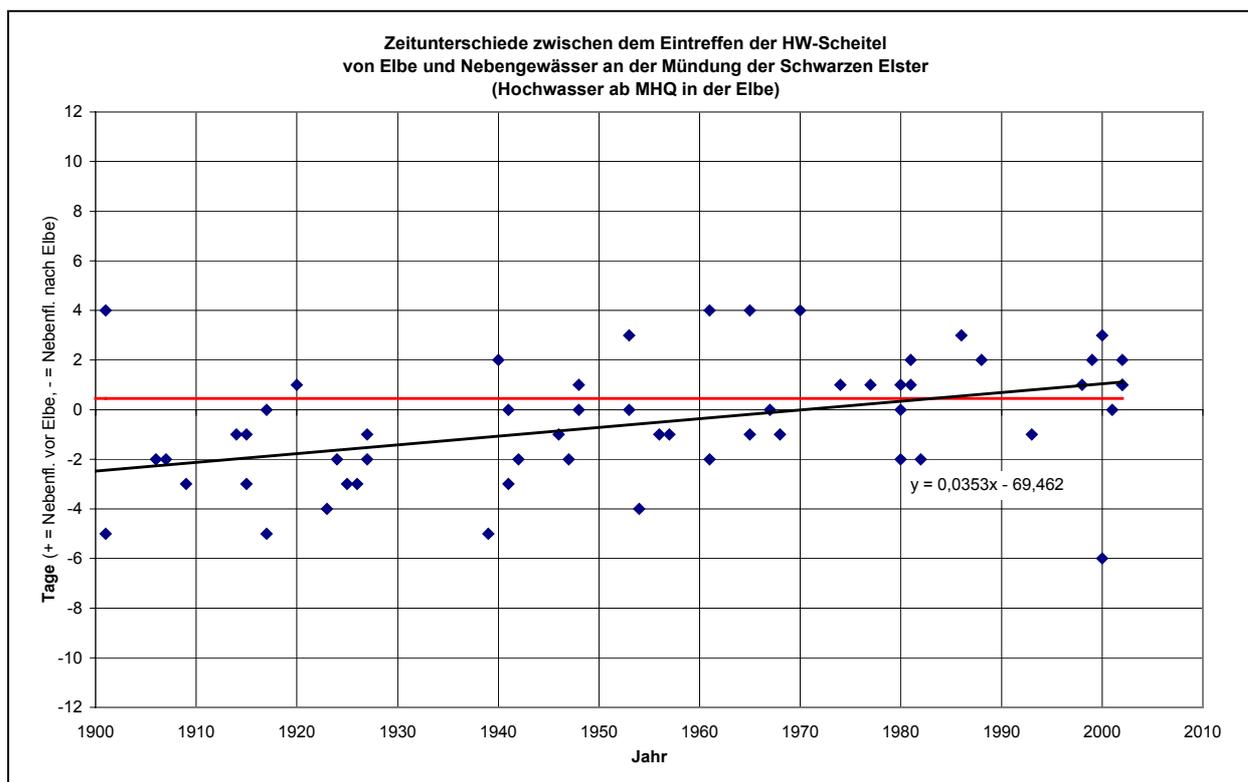


Abb. 3: Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der HW-Scheitel von Elbe und Nebengewässer an der Mündung der Schwarzen Elster

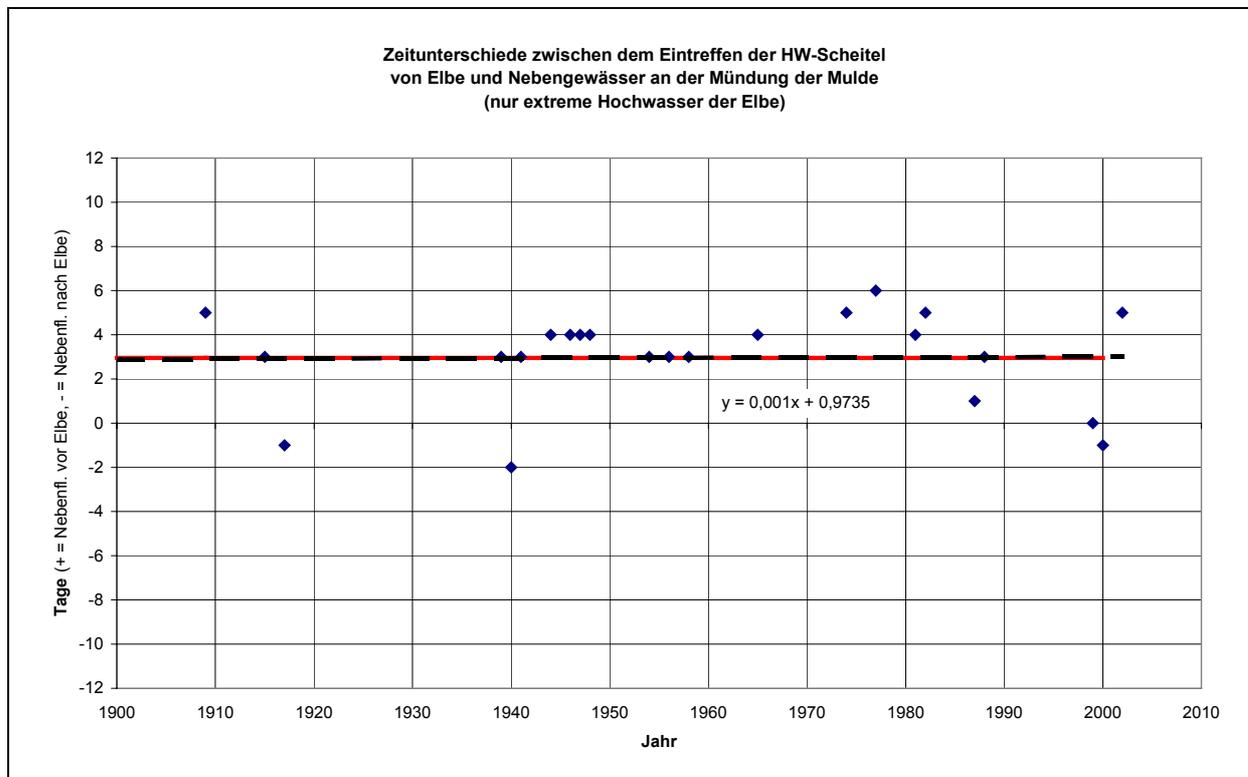
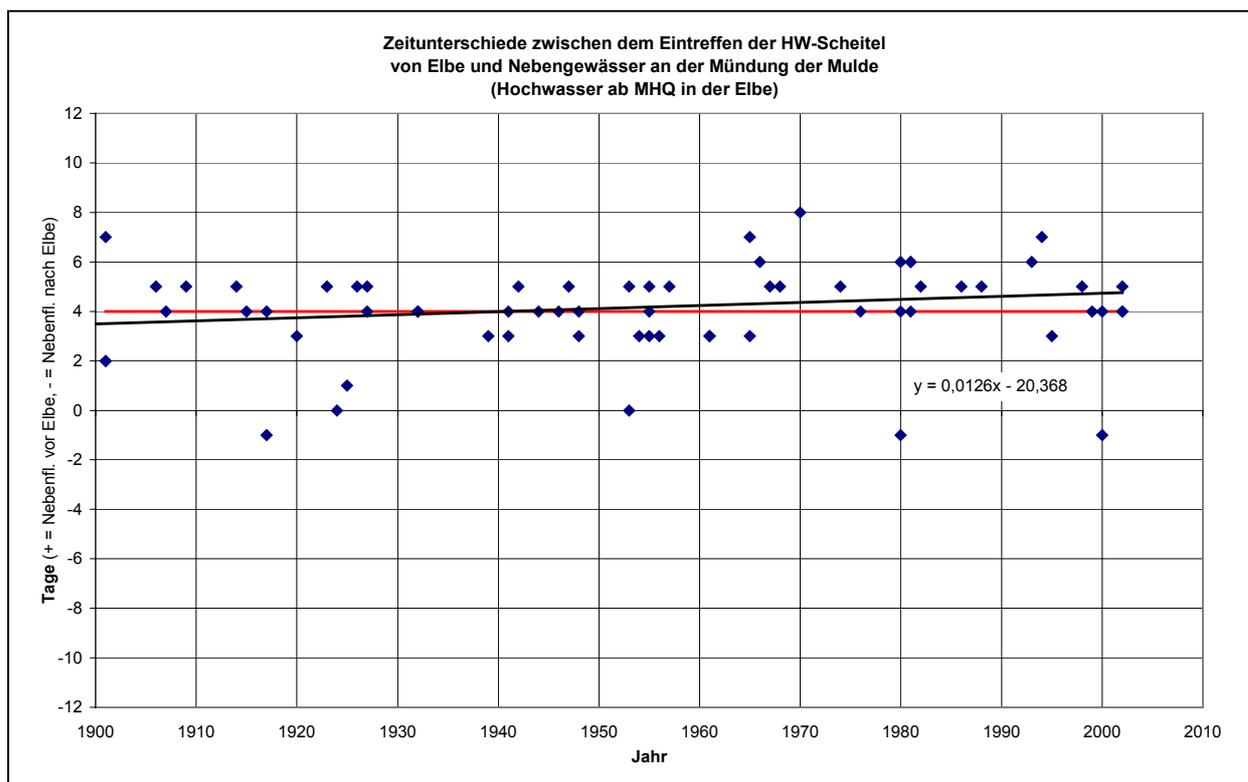


Abb. 4: Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der HW-Scheitel von Elbe und Nebengewässer an der Mündung der Mulde

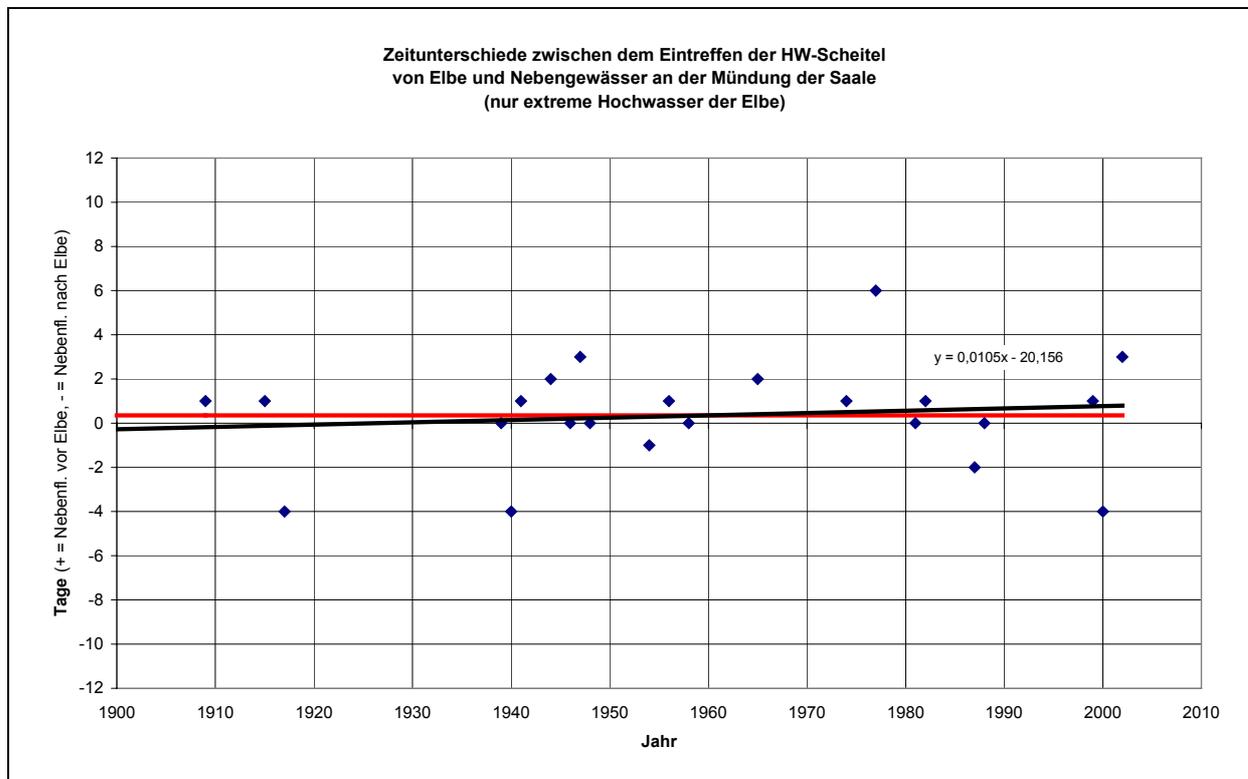
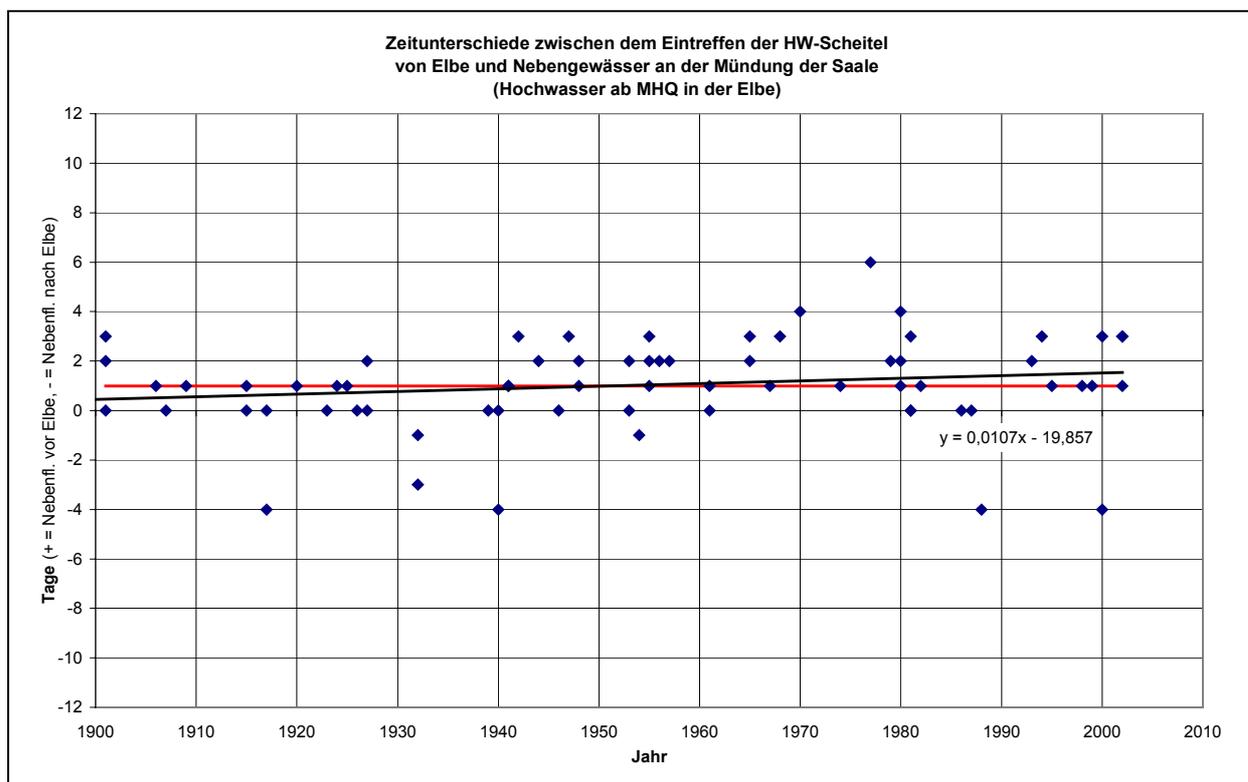


Abb. 5: Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der HW-Scheitel von Elbe und Nebengewässer an der Mündung der Saale

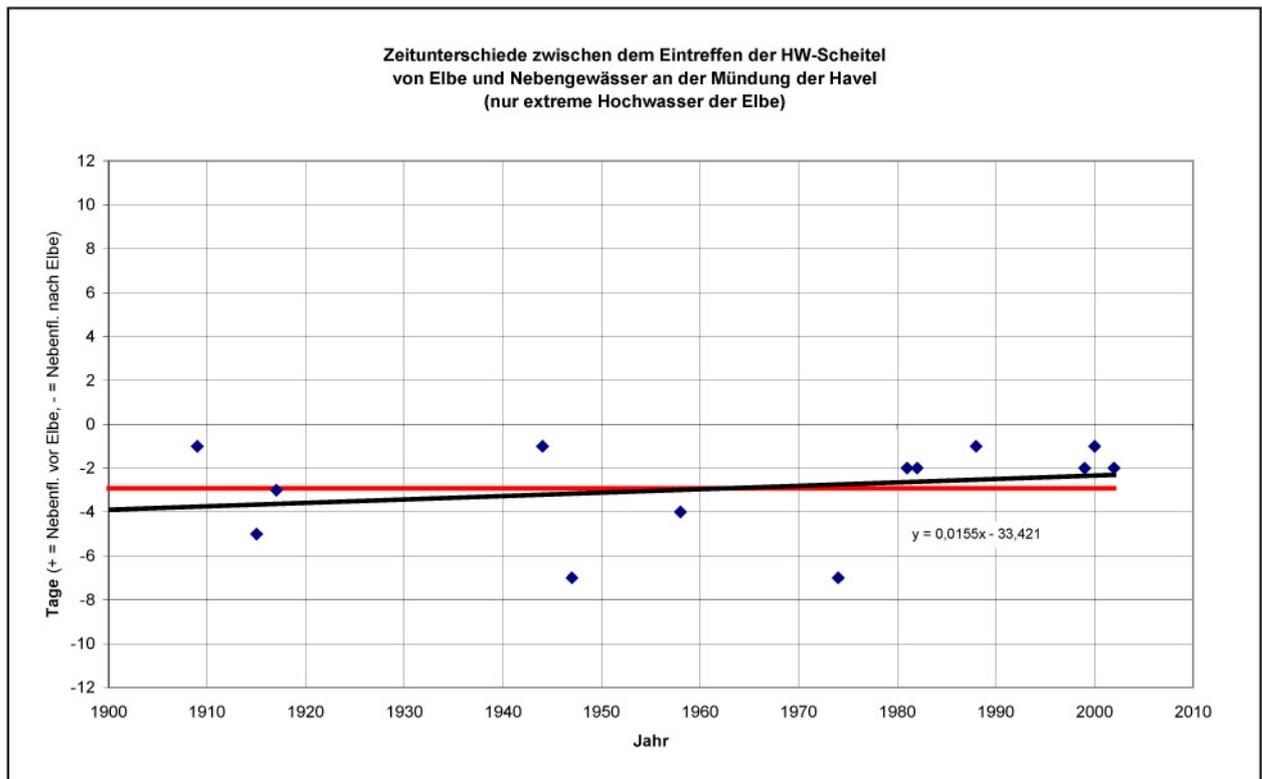
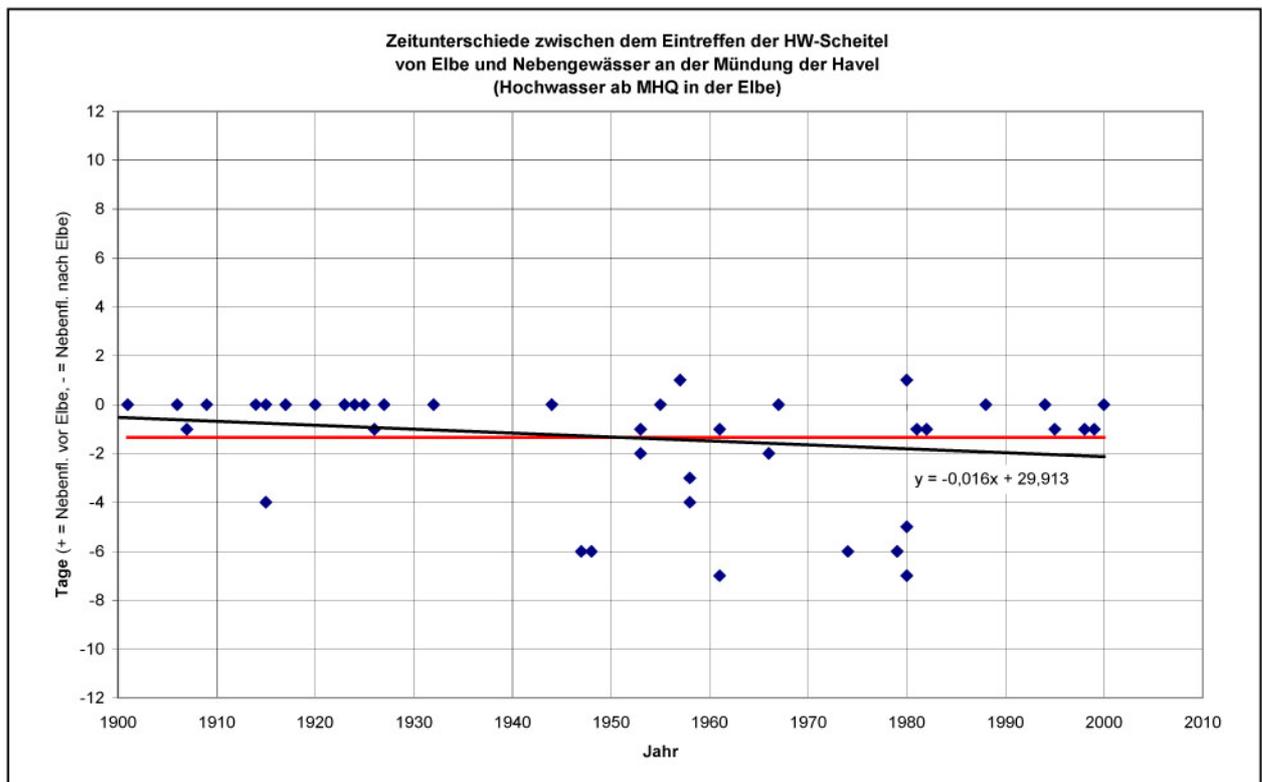


Abb. 6: Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der HW-Scheitel von Elbe und Nebengewässer an der Mündung der Havel